

60-01)

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 196 24 920 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
H 01 H 33/66

(21) Aktenzeichen: 196 24 920.1  
(22) Anmeldetag: 21. 6. 96  
(23) Offenlegungstag: 2. 1. 98

DE 196 24 920 A 1

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

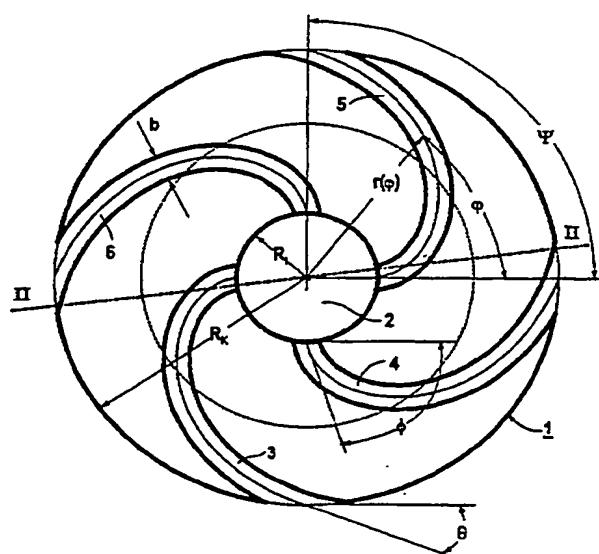
(72) Erfinder:  
Haas, Wilfried, Dipl.-Phys., 91058 Erlangen, DE

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 195 09 714 A1  
US 49 99 463

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Kontaktanordnung für Vakuumschalter

(55) Solche Kontaktanordnungen bestehen üblicherweise aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken (1). Zur Bildung eines Spiralkontaktes kann jedes Schaltstück (1) von einem Zentrum ausgehend nach außen verlaufende Schlitzte aufweisen. Gemäß der Erfindung weisen die Konturen der Schlitzte (3-8) einen variablen Radius ( $r(\varphi)$ ) auf, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt (10) des Schaltstückes (1) mit vorgegebenem Radius ( $R_K$ ) zusammenfällt. Vorzugsweise enden die Schlitzte an einer in der Mitte des Schaltstückes (1) liegenden Eindrehung (2) mit vorgegebenem Radius ( $R_1$ ) oder überschneiden diese geringfügig, wobei  $R_1 \approx 0,25-0,33 \cdot R_K$  ist. Für die Schlitzkonturen können spezifische mathematische Funktionen angegeben werden.



DE 196 24 920 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 97 702 061/281

8/22

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kontaktanordnung für Vakuumsschalter, bestehend aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken, wobei jedes Schaltstück drei bis sechs von einem Zentrum ausgehende, nach außen verlaufende Schlitze aufweist, so daß ein Spiralkontakt gebildet ist.

Vakuumsschalter haben sich in letzter Zeit zunehmend durchgesetzt. Neben dem Mittelspannungsbereich werden auch Anwendungen im Hochspannungs- bzw. Niederspannungsbereich vorgeschlagen. Bei letzterem sind die Kontaktanordnungen in den Vakuumsschaltrohren hauptsächlich so konzipiert, daß ein radiales Magnetfeld zur Beeinflussung des Lichtbogens entsteht.

Der bei Kurzschlußabschaltungen in Vakuumsschaltrohren mit Radialmagnetfeldkontakte entstehende kontrahierte Metalldampflichtbogen soll sich möglichst rasch von seinem Entstehungsort im Zentralbereich der Kontakte weg bewegen. Dadurch werden lokale thermische Überlastungen der Kontaktobерflächen vermieden. Auch im weiteren zeitlichen Verlauf der Abschaltung soll eine große Wärmebeanspruchung durch ein rasches kontinuierliches Bogenlaufen in den Randzonen der Schaltstücke verhindert werden. Zudem soll die nach außen gerichtete Plasmaströmung aus dem Lichtbogen möglichst klein sein, um die Schirmbelastung niedrig zu halten.

Bei Spiralkontakten erreicht man ein solches Lichtbogenverhalten beispielsweise durch das Anbringen von Schlitten in den Schaltstücken. Durch die Gestaltung dieser Schlitze kann in den Kontakten eine solche Richtung des Stromflusses erzwungen werden, daß das dadurch verursachte Magnetfeld bzw. die damit verknüpfte Lorentzkraft den Lichtbogen in seinem Bewegungs- und Plasma-Abströmverhalten entsprechend beeinflußt.

Bei bekannten Spiralkontakten, die in kommerziellen Vakuumsschaltrohren eingesetzt werden, treten entweder beim Loslaufen des Lichtbogens oder beim nachfolgenden Umlaufen in den Kontaktrandzonen aber auch beim Übergang zwischen beiden Bewegungsphasen Schwierigkeiten auf. Außerdem kann das Kommutieren des Lichtbogens über die Schlitte hinweg erschwert sein, wenn der Betrag der antreibenden Magnetkraft zwar groß ist, aber die den Lichtbogen bewegende Azimutalkomponente zu klein und die die Plasmaströmung auf den Schirm antreibende Radialkomponente zu groß ist. Bei diesen Beispielen verlaufen die Schlitte entweder geradlinig, oder ihre Kontur zeichnet sich durch einen konstanten Krümmungsradius aus.

Im US-Patent 4 999 463 wird eine Schlitzkontur mathematisch beschrieben, welche einen variablen Krümmungsradius besitzt, dessen Mittelpunkt nicht mit dem Schaltstückmittelpunkt zusammenfällt. Dadurch kann der Schlitz bis an die Eindrehung der Kontakte heranreichen, und so ein Verharren des Lichtbogens beim Loslaufen vermieden werden. In diesem Fall scheint aber die Radial- und Azimutalkomponenten der auf den Lichtbogen wirkenden Lorentzkraft am äußeren Ende des Spiralfügels so groß bzw. so klein zu sein, daß zum einen dessen Kommutierung erschwert ist, zum anderen die thermische Schirmbelastung zu groß wird. Außerdem wird durch den kleinen Schnittwinkel zwischen Schlitzkontur und Umfang der Eindrehung das Loslaufen des Lichtbogens erschwert.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, die Spiralkontakte in ihrem Wirkungsgrad weiter zu verbessern.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Konturen der Schlitte einen variablen Radius aufweist, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt des Kontaktstückes mit vorgegebenem Radius ( $R_K$ ) zusammenfällt. Vorzugsweise enden die Schlitte an einer in der Mitte des Schaltstückes liegende Eindrehung mit vorgegebenem Radius ( $R_1$ ) oder überschneiden diese geringfügig, wobei  $R_1 = 0,25 - 0,33 R_K$  ist. Insbesondere können die Schlitte vor der Eindrehung in einer kreisförmigen Bohrung enden.

Mit der Erfindung sind Schaltstücke mit drei bis sechs, vorzugsweise mit vier Schlitten, so gestaltet, daß die auf den Lichtbogen wirkende Magnetkraft sowohl in den zentralen als auch in den peripheren Kontaktbereichen ein optimales Verhalten aufweist. Damit ist gegenüber dem Stand der Technik eine beachtliche Verbesserung bewirkt.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung. Es zeigen

Fig. 1 die Draufsicht auf einen neuen Spiralkontakt als Teil der erfindungsgemäßen Kontaktanordnung,

Fig. 2 einen Schnitt durch Fig. 1 längs der Linie II-II,

Fig. 3 verschiedene Varianten der Schlitzkonturführung,

Fig. 4 einen Spiralkontakt mit vier Schlitten, die vor der Eindrehung in Kreisbohrungen enden, und

Fig. 5 einen solchen Spiralkontakt mit sechs Schlitten.

Die Figuren werden teilweise gemeinsam beschrieben. Gleiche und gleich wirkende Teile haben in den Figuren gleiche Bezugszeichen.

In Fig. 1 und Fig. 2 bedeuten 1 ein Schaltstück, das Teil einer Kontaktanordnung für einen Vakuumsschalter ist und dazu in einer zugehörigen Schaltrohre angeordnet wird. Das Schaltstück 1 ist kreissymmetrisch ausgebildet und hat im Zentrum eine Eindrehung 2. Von der Eindrehung 2 ausgehend sind in Fig. 1 vier Schlitte 3 bis 6 ersichtlich, die jeweils spiralförmig verlaufen und das Schaltstück zu einem Spiralkontakt definieren.

Werden zwei solcher Spiralkontakte einander gegenüber gestellt, entsteht durch den Stromfluß ein radiales Magnetfeld, das einen kontrahierten Lichtbogen in eine azimutale, durch die Geometrie des Spiralkontaktes vorgegebene Bewegung versetzt.

Statt vier Schlitte können ebenso gut sechs Schlitte vorhanden sein. Für die Praxis kann es sich empfehlen wie in Fig. 4 und 5 dargestellt, daß die Schlitte 3 bis 6 bzw. 3 bis 8 vor der zentralen Eindrehung 2 in kreisförmigen Bohrungen 13 bis 16 bzw. 13 bis 18 enden.

Wesentlich ist die geometrische Ausbildung der Schlitte 3 bis 6 bzw. 3 bis 8. Bezuglich eines Polarkoordinaten systems, dessen Ursprung mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt, weisen solche Schlitte einen variablen Radius  $r(\phi)$  auf, dessen Mittelpunkt mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt. Die Schlitte 3 bis 8 enden an der in der Mitte der Schaltstücke liegende sog. Eindrehung mit dem Radius  $R_1$  oder überschneiden diese geringfügig. Mit  $R_K$  als Kontaktradius gilt

$$R_I \leq r(\varphi) \leq R_K \text{ und } R_I = 0,25 \dots 0,33 \cdot R_K \quad (1)$$

Die im Bogenmaß angegebene Länge der Schlitze liegt typischerweise bei

5

$$\Psi = \frac{5}{12} \dots \frac{2}{3} \pi \quad (2)$$

Die Breite b der Schlitze beträgt etwa 4—10% des Kontakt durchmessers  $D = 2 \cdot R_K$ , d. h.

10

$$b = 0,04 \dots 0,1 \cdot D \quad (3)$$

Ein raschen Loslaufen und Kommutieren des Lichtbogens wird durch Schlitzkonturen erreicht, die die Eindrehung unter einem möglichst großen Winkel

15

$$\phi > \frac{\pi}{3} \quad (4)$$

20

schnieden und den Umfang des Kontaktes unter einem möglichst kleinen

$$\theta < \frac{\pi}{6}. \quad (5)$$

25

Magnetfelder, die die Lichtbogenbewegung in ihrer Gesamtphase günstig beeinflussen, werden beispielsweise durch solche Schlitzkonturen erreicht, die in fünf Fällen analytisch beschrieben werden:

30

#### 1. Fall

35

$$r_1(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\cosh(a_1 \cdot \varphi) - 1}{\cosh(a_1 \cdot \Psi) - 1} \right]^{f_1} \quad \text{mit } a_1 = 1 \quad \text{und} \quad f_1 = 0,30 \quad (6.1)$$

40

#### 2. Fall

45

$$r_2(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\sinh(a_2 \cdot \varphi)}{\sinh(a_2 \cdot \Psi)} \right]^{f_2} \quad \text{mit } a_2 = 1 \quad \text{und} \quad f_2 = 0,50 \quad (6.2)$$

#### 3. Fall

50

$$r_3(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{1 - \cos(a_3 \cdot \varphi)}{1 - \cos(a_3 \cdot \Psi)} \right]^{f_3} \quad \text{mit } a_3 = 1, \quad f_3 = 0,38 \quad (6.3) \quad 55$$

#### 4. Fall

60

$$r_4(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\sin(a_4 \cdot \varphi)}{\sin(a_4 \cdot \Psi)} \right]^{f_4} \quad \text{mit } a_4 = 0,5, \quad f_4 = 0,75 \quad (6.4) \quad 65$$

$$r_5(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\varphi}{\Psi} \right]^{f_s} \quad \text{mit} \quad f_s = 0.67 \quad (6.5)$$

10 Für eine Feinabstimmung der Kontur der Slitze 3 bis 8 hinsichtlich des Magnetfeldes oder auch aus fertigungstechnischen Gründen können die Formfaktoren  $a$  und  $f$  innerhalb bestimmter Grenzen variiert werden. Dabei hat eine Verkleinerung des Parameters  $a$  selbst um den Faktor 100 in allen Fällen nur einen sehr geringen Einfluß auf die Slitzenkontur.

Dagegen ist die Vergrößerung in den ersten beiden Fällen auf 100 bzw. 50%, in den restlichen Fällen auf 75% beschränkt, wenn die Kontaktenschlitzung in der Praxis realisierbar sein soll.

15 Im Rahmen einer sinnvollen Auslegung der Kontakte ist die Änderung des Parameters  $f$  nach oben und unten auf den Faktor 2 beschränkt.

Fig. 3 zeigt die sich in den angegebenen fünf Fällen ergebenden Schlitzkonturen zusammen mit den Grenzen, innerhalb der sie sich bei den angegebenen Variationen von  $a$  und  $f$  ändern können. Ganz entsprechend sind auch andere mathematische Beschreibungen der hier angegebenen Schlitzkonturen oder solcher, die nur geringfügig davon abweichen möglich. Dies ist z. B. durch Reihenentwicklungen oder Linearkombinationen der hier angegebenen Beziehungen, aber auch Verknüpfung der bei den Fällen 1 bis 5 in eckiger Klammer stehenden Ausdrücke gemäß

$$25 \quad r(\varphi) = R_i + (R_x - R_i) \cdot \left[ \gamma_1 \frac{\cosh(a_1\varphi) - 1}{\cosh(a_1\Psi) - 1} + \gamma_2 \frac{\sinh(a_2\varphi)}{\sinh(a_2\Psi)} + \gamma_3 \frac{1 - \cos(a_3\varphi)}{1 - \cos(a_3\Psi)} + \gamma_4 \frac{\sin(a_4\varphi)}{\sin(a_4\Psi)} + \gamma_5 \left( \frac{\varphi}{\Psi} \right) \right]^f$$

mit  $\sum_v \gamma_v = 1$  und  $0,01 < a_i < 1$

sowie  $0,2 < f < 0,75$

(6.6)

möglich. Gemeinsames Merkmal sind dabei die Eigenschaften nach 6.1–6.5 und die Tatsache, daß der Fußpunkt des Radius der Schlitzkontur mit dem Kontaktmittelpunkt zusammenfällt.

33 Da beim Fräsen der Kontaktsschlüsse 3 bis 8 in der Nähe der Eindrehung, wegen des hier vorkommenden kleinen Krümmungsradius, aus maschinentechnischen Gründen Schwierigkeiten auftreten können, kann gemäß Fig. 4 der Schlitz in diesem Bereich durch eine Bohrung 13 bis 18 mit dem Durchmesser d ersetzt werden. Die Bohrungen 13 bis 18 sollten die Eindrehung entweder berühren oder geringfügig überlappen. Der Durchmesser ist sinnvollerweise nach oben gemäß

$$d \leq 3 - b \quad (7)$$

**begrenzt.**

**45** Die Entfernung des Mittelpunktes dieser Bohrung von der Schlitzkontur liegt im Bereich

$$0 \leq e \leq \frac{d-b}{2}. \quad (8)$$

Anlage 5 zeigt ein Beispiel für Bohrungen, deren Mittelpunkte nicht auf der Schlitzkontur liegen.

Es ist möglich, die in Fig. 4 aufgeführten scharfen Kanten bei den Übergängen Flügel-Schlitz oder Bohrung-Schlitz ebenso wie Flügel spitzen durch Rundungen mit einem Krümmungsradius

$$R_S = 0.25 \dots 1.0 \cdot b \quad (9)$$

zu ersetzen, wenn die Wiederzündungswahrscheinlichkeit reduziert werden muß.

## Patentansprüche

1. Kontaktanordnung für Vakuumschalter, bestehend aus zwei einander gegenüberliegenden Schaltstücken, wobei jedes Schaltstück drei bis sechs von einem Zentrum ausgehende nach außen verlaufende Schlitz aufweist, so daß ein Spiralkontakt gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Konturen der Schlitz (3 bis 8) einen variablen Radius ( $r(\phi)$ ) aufweisen, dessen Fußpunkt mit dem Mittelpunkt (10) des Schaltstückes (1) mit vorgegebenem Radius ( $R_K$ ) zusammenfällt.
  2. Kontaktanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitz (3–8) an einer in der Mitte des Schaltstückes (1) liegende sogenannte Eindrehung (2) mit vorgegebenem Radius ( $R_I$ ) enden oder

diese geringfügig überschneiden, wobei  $R_I \approx 0,25 \dots 0,33 \cdot R_K$  ist.

3. Kontaktanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitze (3—8) vor der Eindrehung (2) in kreisförmigen Bohrungen (13—18) enden.

4. Kontaktanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Radius ( $r(\phi)$ ) der Schlitzkonturen gilt:

5

$$R_I \leq r(\phi) \leq R_K.$$

5. Kontaktanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

10

$$r(\phi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\operatorname{Cosh}(a_1 \cdot \phi) - 1}{\operatorname{Cosh}(a_1 \cdot \Psi) - 1} \right]^{f_1} \quad \text{mit } 0,01 < a_1 < 2 \text{ und } 0,15 < f_1 < 0,6$$

15

6. Kontaktanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha_1 = 1$  und  $f_1 = 0,30$  ist.

7. Kontaktanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

20

$$r(\phi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\operatorname{Sinh}(a_2 \cdot \phi)}{\operatorname{Sinh}(a_2 \cdot \Psi)} \right]^{f_2} \quad \text{mit } 0,01 < a_2 < 1,5 \text{ und } 0,25 < f_2 < 1$$

25

8. Kontaktanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha_2 = 1$   $f_2 = 0,50$  ist.

30

9. Kontaktanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\phi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{1 - \cos(a_3 \cdot \phi)}{1 - \cos(a_3 \cdot \Psi)} \right]^{f_3} \quad \text{mit } 0,01 < a_3 < 1,75 \text{ und } 0,19 < f_3 < 0,76$$

35

10. Kontaktanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha_3 = 1$  und  $f_3 = 0,38$  ist.

40

11. Kontaktanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

45

$$r(\phi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\sin(a_4 \cdot \phi)}{\sin(a_4 \cdot \Psi)} \right]^{f_4} \quad \text{mit } 0,01 < a_4 < 0,88 \text{ und } 0,37 < f_4 < 1,5$$

50

12. Kontaktanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß  $\alpha_4 = 0,5$  und  $f_4 = 0,75$  ist.

55

13. Kontaktanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

$$r(\phi) = R_I + (R_K - R_I) * \left[ \frac{\phi}{\Psi} \right]^{f_5} \quad \text{mit } 0,34 < f_5 < 1,35$$

60

14. Kontaktanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß  $f_5 = 0,67$  ist.

15. Kontaktanordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, gekennzeichnet durch Linearkombinationen und/oder Reihenentwicklungen der angegebenen Beziehungen.

16. Kontaktanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlitzkontur durch folgende Beziehung beschrieben wird:

65

$$r(\varphi) = R_I + (R_K - R_I) \cdot \left[ \gamma_1 \frac{\cosh(a_1\varphi) - 1}{\cosh(a_1\Psi) - 1} + \gamma_2 \frac{\sinh(a_2\varphi)}{\sinh(a_2\Psi)} + \gamma_3 \frac{1 - \cos(a_3\varphi)}{1 - \cos(a_3\Psi)} + \gamma_4 \frac{\sin(a_4\varphi)}{\sin(a_4\Psi)} + \gamma_5 \left( \frac{\varphi}{\Psi} \right) \right]$$

mit  $\sum_v \gamma_v = 1$  und  $0.01 < a < 1$  sowie  $0.2 < f < 0.75$

- 10 17. Kontaktanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (b) der Schlitze (3—8) kleiner als 1/10 des Durchmessers (D) ist.  
 18. Kontaktanordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß für die Breite (b) der Schlitze (3—8) gilt:  
 15  $0.04 D \leq b \leq 0.1 D$ .

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

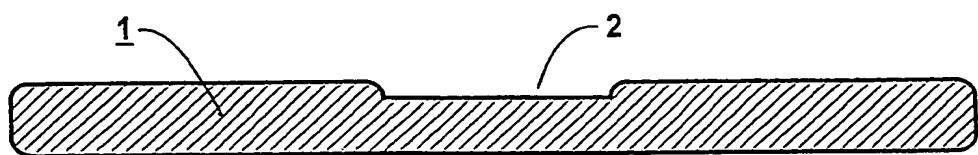
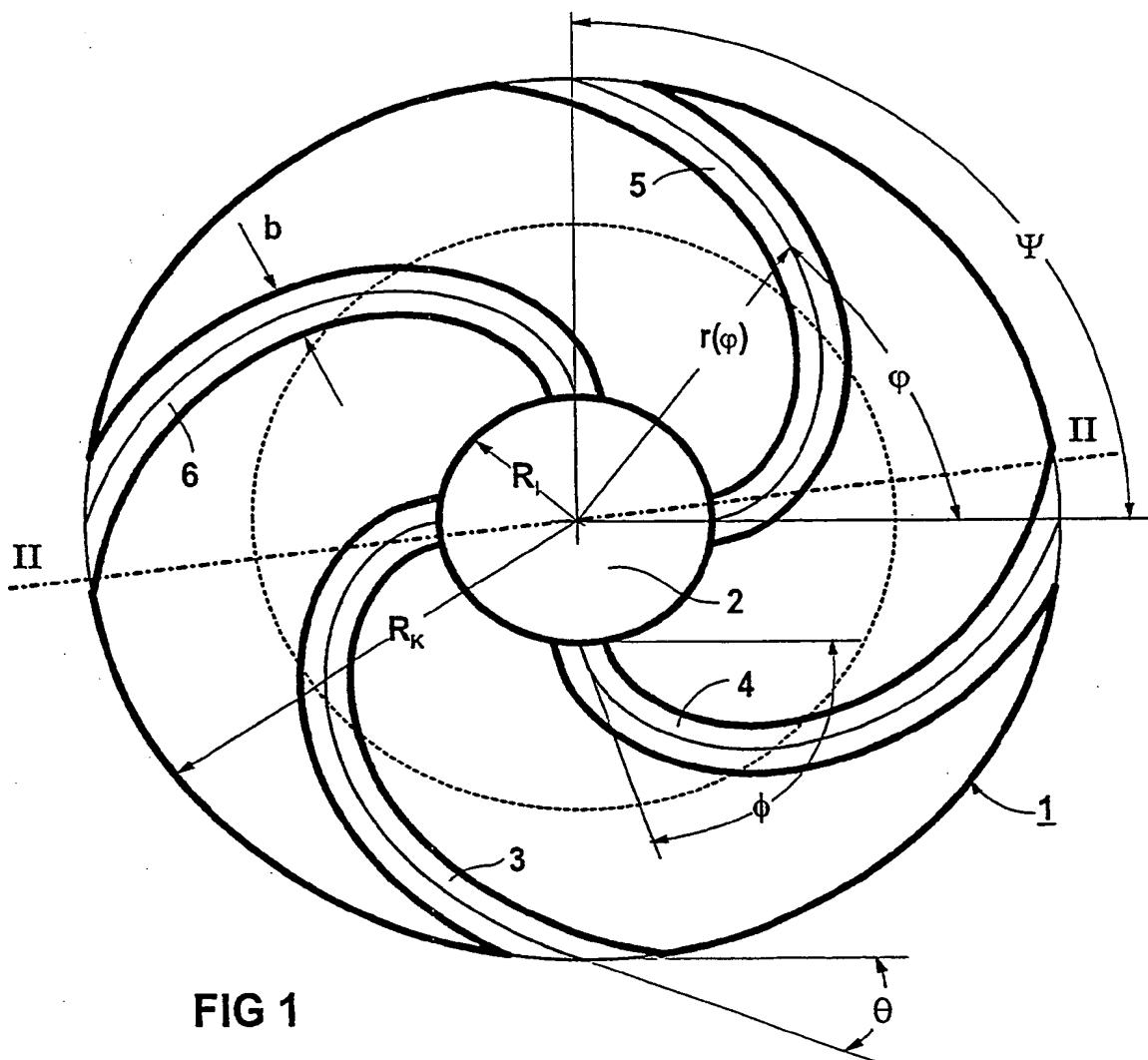
45

50

55

60

65



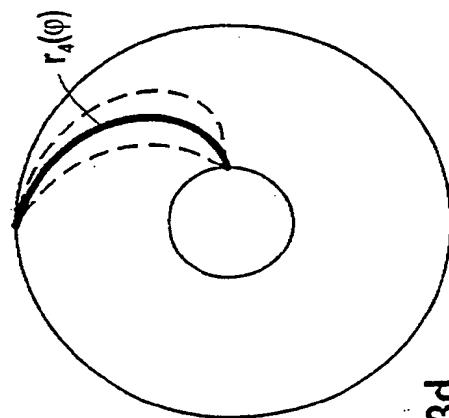
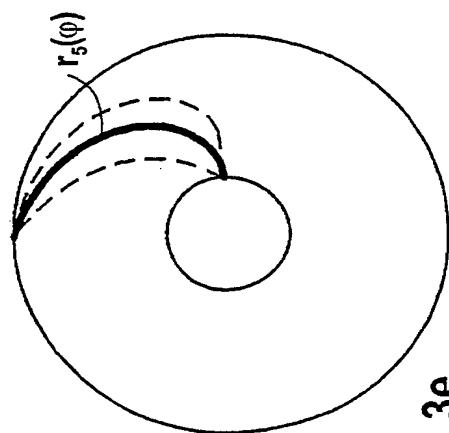
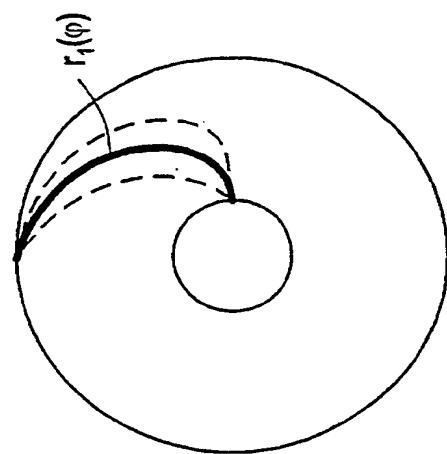
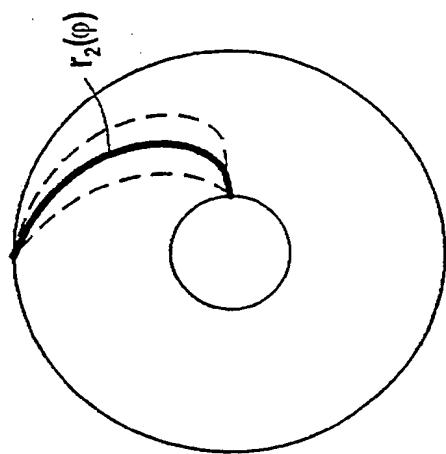
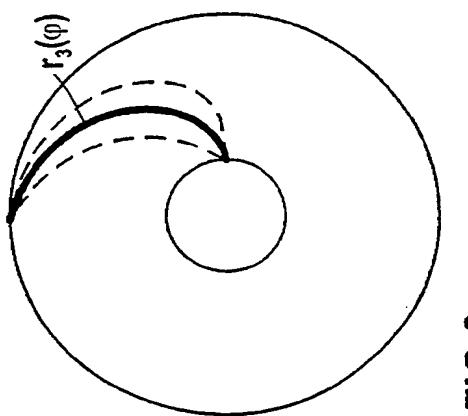


FIG 3

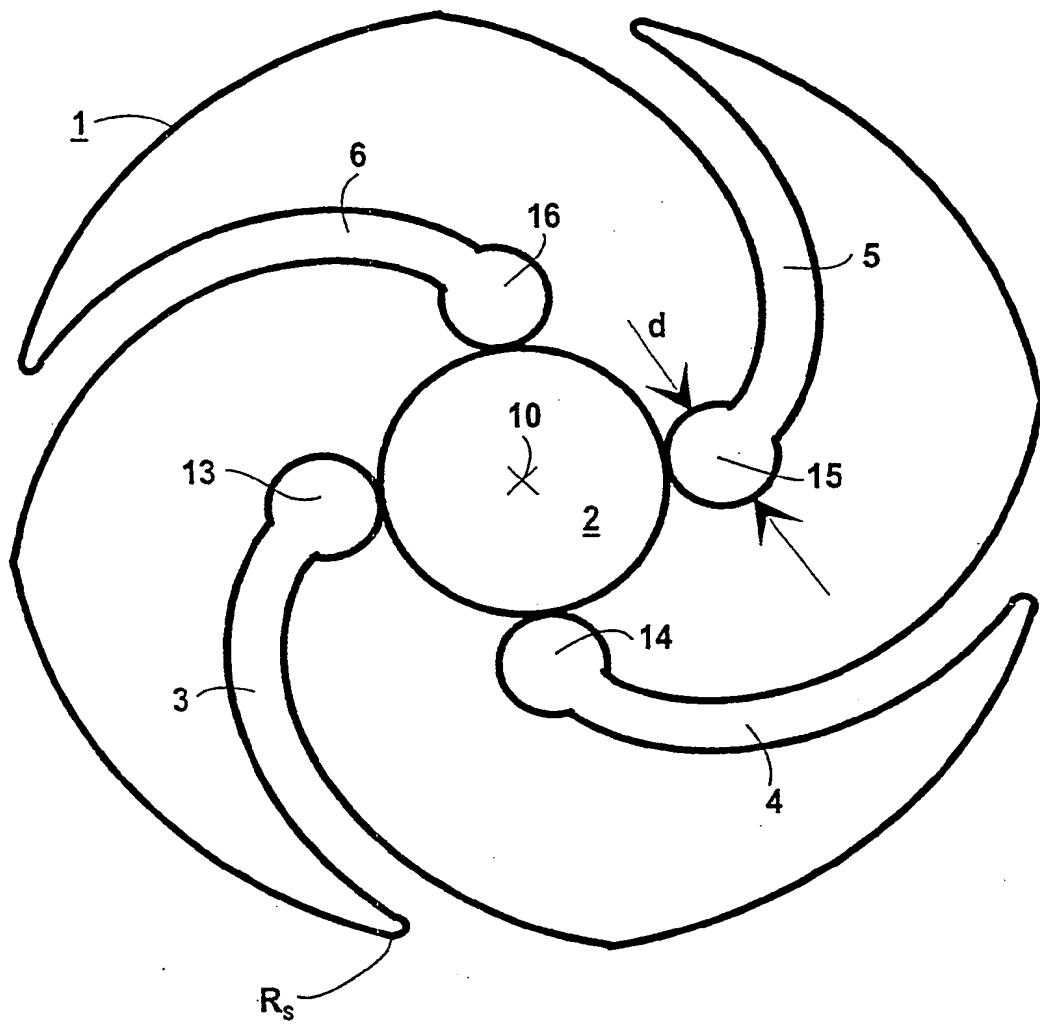


FIG 4

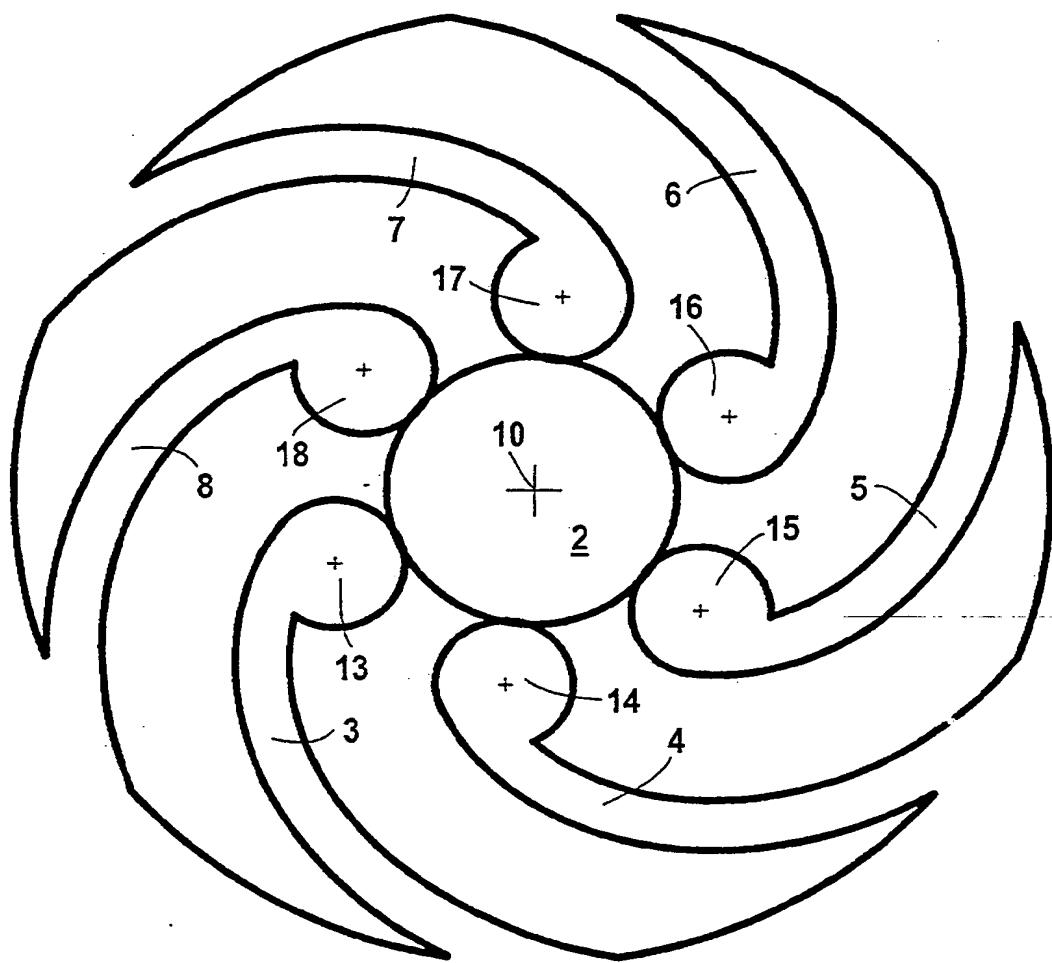


FIG 5